

# Логистика малотоннажного СПГ



Людмила БУЯНОВА



Ольга МУДРОВА

*Буянова Людмила Николаевна – Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота, Санкт-Петербург, Россия.*

*Мудрова Ольга Михайловна – Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота, Санкт-Петербург, Россия\*.*

В последние годы возрастает интерес к сжиженному природному газу (СПГ) как к бункерному топливу для судов. Это обусловлено целым рядом причин экологического (снижение выброса серы судами в соответствии с международной конвенцией МАРПОЛ 73/78), экономического (более низкая цена СПГ по сравнению с дистиллятным топливом, удовлетворяющим требованиям МАРПОЛ 73/78), технико-экономического (снижение расходов по содержанию судов и увеличение ресурса эксплуатации) характера. Эти выводы в отношении СПГ применимы к судам различных типов, предназначенных для морского и речного плавания.

В то же время переход речных судов и морских судов прибрежного плавания на бункеровку СПГ в настоящее время сдерживается, в том числе в России, рядом причин, одной из которых является слабое логистическое обеспечение доставки СПГ от мест производства до пунктов бункеровки судов. Вследствие этого развитие рынка бункеровки судов СПГ требует совершенствования логистического обеспечения доставки малотоннажного СПГ, которая может выполнять-

ся с использованием нескольких видов транспорта.

Целью исследования является разработка практического алгоритма оценки стоимости транспортировки СПГ для бункеровки судов с учётом особенностей интермодальной логистики. В основу методологии исследования положен аналитический метод на базе системно-структурного подхода.

На примере России разработаны алгоритм выбора оптимальной транспортно-технологической схемы (ТТС) доставки малотоннажного СПГ и эксплуатационно-экономические модели расчёта удельной стоимости перевозки, хранения и перевалки СПГ.

Апробация моделей на расчётных маршрутах позволила оценить стоимость транспортировки СПГ по вариантам транспортно-технологических схем для наливного и контейнерного способов доставки и сформулировать выводы. При этом использованная методология является в большой мере универсальной и позволяет использовать предложенные подходы для разработки ТТС применительно к другим странам.

**Ключевые слова:** речные и морские суда, внутренний водный транспорт, СПГ, логистика, транспортно-технологическая схема, цена доставки, эксплуатационно-экономическая модель, бункеровка, цистерна, танк-контейнер, тариф.

\*Информация об авторах:

**Буянова Людмила Николаевна** – доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота», Санкт-Петербург, Россия, [buyanova1n@yandex.ru](mailto:buyanova1n@yandex.ru).

**Мудрова Ольга Михайловна** – кандидат технических наук, заведующий отделом развития морского транспорта АО «Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт морского флота», Санкт-Петербург, Россия, [MudrovaOM@cniimf.ru](mailto:MudrovaOM@cniimf.ru).

Статья поступила в редакцию 13.05.2019, принята к публикации 19.08.2019.

For the English text of the article please see p. 174.

## ВВЕДЕНИЕ

Интерес к сжиженному природному газу (СПГ) как к бункерному топливу для судов в последние годы значительно возрастает по многим причинам:

- использование СПГ позволит выполнить требования Приложения VI Международной Конвенции МАРПОЛ 73/78 по снижению выброса серы судами (с 1 января 2020 года содержание серы в судовом топливе во всех районах мира не должно превышать 0,5 % по массе);
- более низкая стоимость СПГ по сравнению с дистиллятным топливом, удовлетворяющим требованиям Конвенции;
- наличие ряда технических факторов, снижающих расходы по содержанию судов в эксплуатации: отсутствие необходимости очистки отходящих газов от  $\text{SO}_x$  ввиду отсутствия серы в СПГ, существенное снижение содержания  $\text{NO}_x$  в отходящих газах энергетических установок, практически полное отсутствие в отходящих газах твёрдых частиц. Это позволяет отказаться от размещения на судне реакторов избирательной каталитической реакции и сажеуловителей. В целом происходит увеличение моторесурса поршневых двигателей и снижение нагарообразования в них.

В то же время переход судов на бункеровку СПГ в настоящее время сдерживается рядом причин, в том числе и слабым логистическим обеспечением доставки СПГ от мест производства до пунктов бункеровки судов. Для широкого перехода судов на СПГ необходимо, чтобы процесс бункеровки судов СПГ не вызывал у судовладельцев серьёзных проблем.

Этот вопрос особенно актуален в отношении газотопливного флота, используемого для навигации в прибрежных водах и на внутренних водных путях.

Целью исследования стала разработка практического алгоритма оценки стоимости транспортировки СПГ для бункеровки речных судов с учётом особенностей интермодальной логистики. В основу методологии исследования положен аналитический метод на базе системно-структурного подхода. Для апробации использовались эмпирические и прогнозные данные применительно к Российской Федерации.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Достижение поставленной цели исследования осуществлялось в следующей последовательности.

### *1. Исследование географии размещения пунктов бункеровки жидким нефтяным топливом судов внутреннего водного транспорта*

На основе данных Реестра поставщиков бункеровочного топлива [1] и Российской ассоциации морских и речных бункеровщиков [2] был сформирован перечень портопунктов, в которых осуществляется бункеровка речных судов.

По результатам исследования выявлены наиболее востребованные в настоящее время порты бункеровки речных судов жидким нефтяным топливом.

В настоящее время бункеровка речных судов осуществляется в пунктах, расположенных на реках единой глубоководной системы европейской части России, реках Сибири и Дальнего Востока. Наибольшее количество бункеровочных компаний работает в речных портах, таких как Череповец, Ярославль, Нижний Новгород, Казань, Самара, Волгоград.

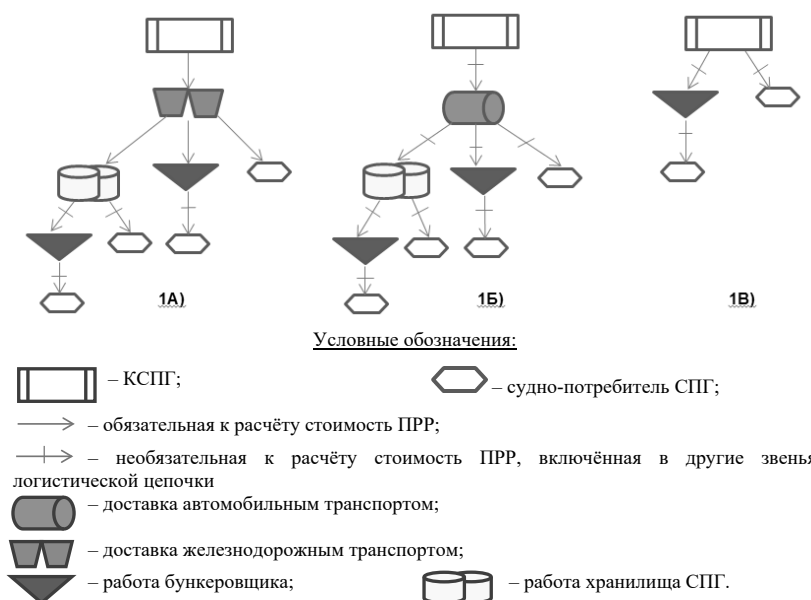
### *2. Исследование географии размещения комплексов по сжижению природного газа*

Комплексы по сжижению природного газа (КСПГ) в зависимости от годового объёма производства подразделяются на крупнотоннажные, среднетоннажные и малотоннажные.

Действующие крупнотоннажные заводы (например, в проекте «Ямал-СПГ» завод по сжижению газа расположен в порту Сабетта) ориентированы только на отгрузку СПГ на экспорт с использованием крупнотоннажных газозовозов (типа «Christophe de Margerie» проекта Yamalmax вместимостью 170 тыс. м<sup>3</sup>) [3]. Перспективные проекты, такие как «Арктик СПГ-2», «Владивосток СПГ» и КСПГ в Усть-Луге (бывший «Балтийский СПГ») [4–6], предполагают наличие возможности бункеровки морских судов.

Среднетоннажное производство СПГ, начиная с 2019 года, будет развёрнуто в основном на северо-западе России. Это проект «Криогаз-Высоцк» мощностью 660 тыс. т СПГ в год [7] и терминал СПГ компании ПАО «Газпром» в районе компрессорной станции «Портовая» (г. Выборг





**Рис. 1. Варианты доставки СПГ в цистернах.**

Ленинградской обл.) мощностью 1,5 млн т СПГ в год [8].

На территории России функционируют 13 малотоннажных производств: шесть сосредоточены в Северо-Западном экономическом регионе, три — в Уральском, два — в Западно-Сибирском и два — в Дальневосточном. В ближайшие годы запланированы к запуску ещё четыре завода.

Применительно к цели данного исследования при формировании маршрутов доставки СПГ используются действующие малотоннажные производства.

### **3. Формирование потенциальных маршрутов доставки малотоннажного СПГ от мест производства до пунктов бункеровки речных судов**

При формировании маршрутов доставки газа учитывались следующие параметры: расстояние между производствами СПГ и бункеровочными портопунктами, нагрузка (востребованность) бункеровочных портопунктов, мощность и загрузка комплексов по производству СПГ, наличие автомобильных и железных дорог.

С учётом перечисленных факторов для выполнения расчётов были определены следующие маршруты доставки СПГ (далее — расчётные):

1. КСПГ «Петергоф» (Санкт-Петербург) → Усть-Славянка.

2. КСПГ «Кингисепп» (Кингисепп) → Череповец.

3. КСПГ «Развилка» (Москва) → Ярославль.

4. КСПГ «Канюсята» (Пермь) → Казань.

5. КСПГ «ГРС-4 Екатеринбург» (Екатеринбург) → Самара.

6. КСПГ «Митино» (Новокузнецк) → Барнаул.

### **4. Анализ возможных способов транспортировки СПГ с разработкой цепочек логистических операций по выбранным маршрутам**

Существуют два способа доставки газа от заводов-изготовителей до пунктов бункеровки: доставка газа наливом и в танк-контейнерах.

При доставке газа наливом рассмотрены варианты, приведённые на рис. 1.

Способ транспортировки газа наливом распространён, но следует учитывать, что хранить СПГ в цистернах небезопасно и экономически невыгодно. Простой железнодорожных и автомобильных цистерн значительно увеличивает себестоимость доставки груза, поэтому СПГ загружают в цистерну перед отправлением, а сразу после доставки разгружают, перекачивая в резервуар для хранения или осуществляя бункеровку «с колёс», что требует сопоставимости количества доставляемого и бункеруемого топлива и согласованной работы

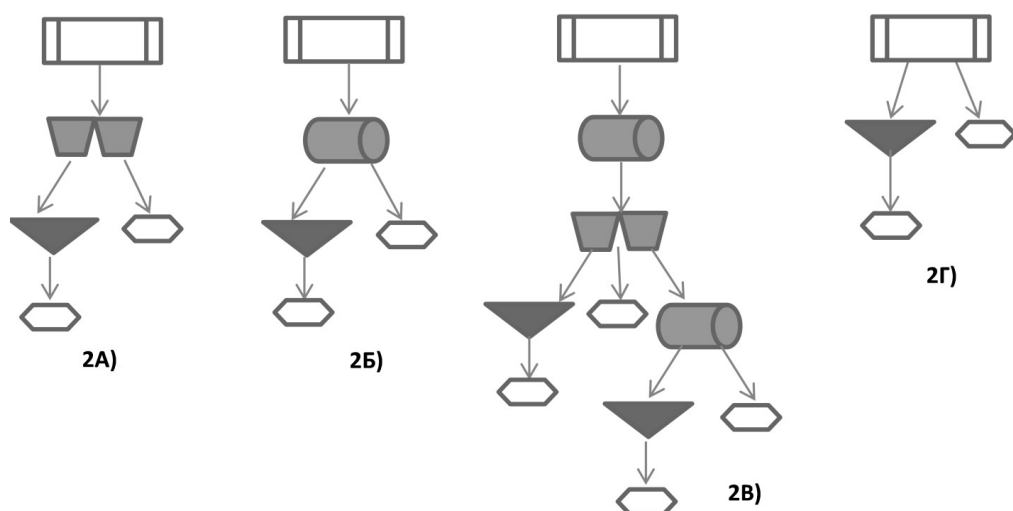


Рис. 2. Варианты доставки СПГ в танк-контейнерах (условные обозначения аналогичны рис. 1).

разных видов транспорта. Согласно ВРД 39-1.10-064-2002 [9] при перевозке СПГ следует избегать или до минимума сокращать число и время стоянок.

Транспортировка СПГ в специализированных цистернах требует дополнительной обработки и перелива, что увеличивает потери продукта и риск аварийности [10–12]. Таким образом, перевалка с автомобильного на железнодорожный транспорт и обратно, при соблюдении соответствующих правил, теоретически возможна, но должна быть экономически обоснована.

При доставке СПГ в контейнерах-цистернах (или танк-контейнерах) рассмотрены варианты, приведённые на рис. 2.

Танк-контейнеры используются на судах-потребителях в режиме сменных модулей, поставляемых «с берега» и с бункеровщика, в качестве которого может выступать судно-контейнеровоз. Танк-контейнер представляет собой контейнер, состоящий из каркаса (рамных элементов) и цистерны, оборудованной сливной арматурой и устройствами для осуществления разгрузки.

Ключевым преимуществом перевозок в танк-контейнерах является возможность транспортировки несколькими видами транспорта и отсутствие необходимости строить специальные дорогостоящие объекты по приёму, хранению и распределению СПГ. Погрузка и разгрузка танк-контейнеров осуществляется при помощи подъёмного крана или ричстакера. Возможно накопление танк-контейнеров на специализиро-

ванных площадках хранения. Поскольку танк-контейнер является одновременно и транспортным средством, и транспортной тарой, отсутствуют потери груза при операциях слива-налива. Но масса транспортируемого продукта в танк-контейнере обычно меньше, чем в цистерне.

#### 5. Допущения при расчётах

После анализа технологии транспортировки и перевалки СПГ, а также условий оплаты логистических услуг компаний-участников для выполнения последующих расчётов были приняты следующие допущения:

- для доставки СПГ наливом:
  - стоимость СПГ на выходе у завода-изготовителя включает стоимость погрузки на выбранный вид транспорта;
  - при доставке специальным автомобильным транспортом стоимость операций слива-налива учитывается в стоимости доставки;
  - при перевозке по железной дороге перегрузочные операции не учитываются в тарифе, их необходимо учитывать отдельно;
  - в работе хранилища учтена стоимость операций слива-налива;
  - в работе бункеровщика учтены операции его заправки и бункеровки судов-потребителей;
  - перевозка в смешанном автомобильно-железнодорожном сообщении является комбинацией схем 1А и 1Б.
- для доставки СПГ в танк-контейнерах:





— стоимость грузовых операций рассчитывается для всех звеньев цепочки поставки СПГ и не включается в стоимость доставки каким-либо видом транспорта;

— перегрузка танк-контейнеров с судна-контейнеровоза на судно-потребитель СПГ выполняется средствами портовой механизации;

— перевозка в смешанном автомобильно-железнодорожном сообщении (2В) является комбинацией схем 2А и 2Б.

Приведённые схемы транспортировки СПГ для наливного и контейнерного способов доставки соответствуют мировой теории и практике организации логистических схем поставки газомоторного топлива [13–18].

Таким образом, для каждого маршрута при наличии всех условий были сформированы ТТС с использованием возможных видов транспорта (автомобильного, железнодорожного, водного) и их комбинаций. Для каждой ТТС составлен перечень необходимых грузовых операций. Для каждого элемента ТТС рассчитана длительность выполнения операции.

#### **6. Критерии выбора оптимальной ТТС доставки СПГ**

В качестве критерия выбора оптимального варианта ТТС доставки СПГ использована цена доставки (Цд) груза для  $i$ -ого расчётного маршрута:

$$Ц_{д_i} = Ц_{п_i} + Ц_{х_i} + Ц_{г_o_i}, \quad (1)$$

где  $Ц_{п_i}$  — цена перевозки груза одним или несколькими видами транспорта по  $i$ -ому расчётному маршруту;

$Ц_{х_i}$  — цена хранения груза (для способа доставки наливом) по  $i$ -ому расчётному маршруту;

$Ц_{г_o_i}$  — цена грузовых операций по  $i$ -ому расчётному маршруту.

Выбирается вариант ТТС с минимальной ценой доставки СПГ.

При равной цене доставки в качестве дополнительного критерия использовано время доставки, а для перевозок в цистернах — третий критерий: количество перевалок.

#### **7. Разработка эксплуатационно-экономических моделей расчёта удельной стоимости перевозки, хранения и перевалки СПГ**

Для расчёта цены доставки СПГ автотранспортом была разработана эксплуатационно-экономическая модель работы

транспортной компании, с помощью которой выполнена оценка структуры затрат транспортной компании и конечной стоимости доставки СПГ для потенциального заказчика. В разработанной модели учтено более 20 статей затрат, в том числе заработная плата, страховые взносы, автомобильное топливо, смазочные материалы, техобслуживание и эксплуатационный ремонт, износ и ремонт автомобильных шин, амортизация подвижного состава, оплата системы «Платон», прочие расходы.

Стоимость доставки железнодорожным транспортом оценивалась по существующим нормативам ОАО «РЖД» [19].

Для оценки стоимости доставки СПГ судами-бункеровщиками различного типоразмера были выполнены укрупнённые расчёты строительной стоимости судна, его расчётной фрахтовой ставки и эксплуатационных затрат, которые были оформлены в виде эксплуатационно-экономической модели работы бункеровщиков на расчётных линиях эксплуатации.

Для оценки стоимости хранения СПГ в стационарном хранилище было выполнено моделирование эксплуатации от 1 до 23 криогенных ёмкостей объёмом 44 м<sup>3</sup>. Расчёт цены хранения СПГ был выполнен по укрупнённым статьям затрат с заданным уровнем рентабельности.

Расчёт цены грузовых операций выполнен с использованием нормативов, применяемых на железнодорожном и автомобильном транспорте, анализа открытых источников по стоимости аренды контейнерных погрузчиков с водителем и сведений о тарифах на перевалку контейнеров по отдельным портам. Полученные данные были формализованы в эксплуатационно-экономическую модель расчёта удельной стоимости грузовых операций.

#### **8. Расчёт цены доставки малотоннажного СПГ по вариантам ТТС**

Для выполнения расчётов был задан суточный объём бункеровки судов-потребителей СПГ, выбран режим работы бункеровщика, подготовлены исходные данные для всех вариантов. Размер грузовых партий соотнесён с вместимостью бункеровщиков и составляет для перевозки в цистернах — 1110 тонн, для перевозки в танк-контейнерах — 1430 тонн. Результаты сгруппированы по способу доставки: на-

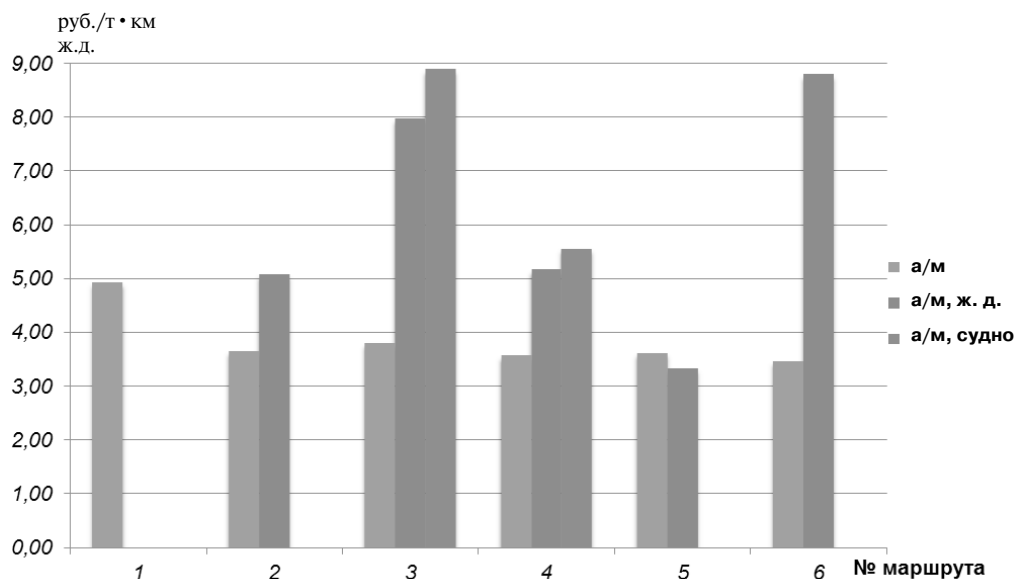


Рис. 3. Тарифная ставка на доставку СПГ в цистернах по вариантам ТТС для расчётных маршрутов.

Таблица 1

**Расчёт комплексного тарифа на доставку СПГ в цистернах по вариантам ТТС (с учётом НДС)**

№	Пункт отправления	Пункт назначения	Вид транспорта	Расстояние, км	Время доставки	Тарифная ставка, руб./т * км
1	г. Санкт-Петербург, КСПГ «Петергоф»	Усть-Славянск	а/м	54	2 ч 15 мин	4,94
2	Ленинградская область, КСПГ «Кингисепп»	Череповецкий порт	а/м	660	9 ч	3,66
			а/м, ж.д.	624	5 сут. 1 ч 15 мин	5,09
3	Москва, МКАД, 24-й км, АО «МГПЗ»	Ярославский порт	а/м	300	6 ч 30 мин	3,81
			а/м, ж.д.	353	5 сут. 1 ч 20 мин	7,99
			а/м, судно	548	1 сут. 17 ч 40 мин	8,90
4	Пермский край, дер. Канюсята, КСПГ «Канюсята»	Казанский порт	а/м	670	9 ч 50 мин	3,58
			а/м, ж.д.	652	5 сут. 2 ч 50 мин	5,17
			а/м, судно	1074	3 сут. 10 ч 40 мин	5,57
5	Екатеринбург, Новосвердловской ТЭЦ промзона	Самарский порт	а/м	1000	15 ч	3,63
			а/м, ж.д.	1163	6 сут. 1 ч 30 мин	3,34
6	Кемеровская область, Новокузнецкий район, КСПГ «Митино»	Барнаульский порт	а/м	360	6 ч	3,48
			а/м, ж.д.	328	4 сут. 3 ч	8,80

ливом (таблица 1, рис. 3) и в танк-контейнерах (таблица 2, рис. 4). Для удобства анализа результатов цена доставки интерпретирована в виде комплексной тарифной ставки, учитывающей стоимость доставки

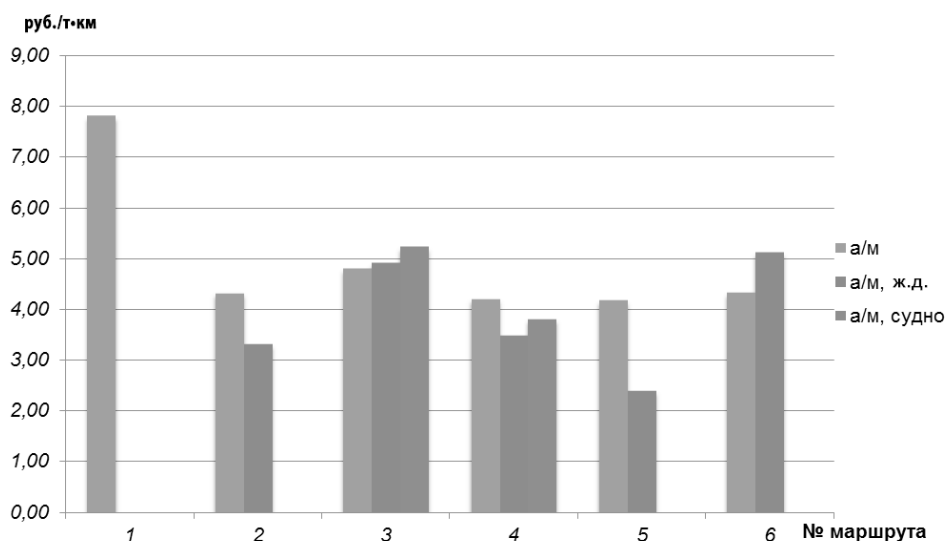
и грузовых операций. Расчёты выполнены в ценах октября 2018 года.

Расчёты показывают, что высокая стоимость перевалки железнодорожных цистерн делает ТТС с участием железно-



**Расчёт комплексного тарифа на доставку СПГ в танк-контейнерах по вариантам ТТС (с учётом НДС)**

№	Пункт отправления	Пункт назначения	Вид транспорта	Расстояние, км	Время доставки	Тарифная ставка, руб./т • км
1	г. Санкт-Петербург, КСПГ «Петергоф»	Усть-Славянка	а/м	54	1 ч 40 мин	7,81
2	Ленинградская область, КСПГ «Кингисепп»	Череповецкий порт	а/м	660	8 ч 30 мин	4,33
			а/м, ж.д.	647	11 сут. 1 ч 30 мин	3,32
3	Москва, МКАД, 24-й км, АО «МГПЗ»	Ярославский порт	а/м	300	6 ч	4,81
			а/м, ж.д.	355	9 сут. 1 ч 50 мин	4,92
			а/м, судно	548	1 сут. 17 ч 10 мин	5,23
4	Пермский край, дер. Канюсята, КСПГ «Канюсята»	Казанский порт	а/м	670	9 ч 20 мин	4,21
			а/м, ж.д.	647	12 сут. 1 ч 50 мин	3,49
			а/м, судно	1074	3 сут. 10 ч 10 мин	3,81
5	Екатеринбург, Новосвердловской ТЭЦ промзона	Самарский порт	а/м	1000	14 ч 30 мин	4,18
			а/м, ж.д.	1168	14 сут. 1 ч	2,40
6	Кемеровская область, Новокузнецкий район, КСПГ «Митино»	Барнаульский порт	а/м	360	5 ч 30 мин	4,33
			а/м, ж.д.	340	9 сут. 2 ч	5,12



**Рис. 4. Тарифная ставка на доставку СПГ в танк-контейнерах по вариантам ТТС для расчётных маршрутов.**

рожного транспорта нецелесообразными, если расстояние перевозки по железной дороге составляет менее 1000 км. ТТС в смешанном автомобильно-водном сооб-

щении, как правило, дороже других вариантов ТТС.

Таким образом, за счёт более низкой стоимости грузовых операций при контей-

нерном способе доставки, ТТС с участием железнодорожного транспорта экономичнее при перевозках по железной дороге свыше 600 км. Доставка СПГ водным транспортом конкурентоспособна по отношению к другим видам транспорта

Для обоих способов доставки СПГ по критерию времени доставки выгоднее ТТС в прямом автомобильном сообщении. Затем следуют ТТС с использованием водного транспорта. Наиболее затратны по времени перевозки с участием железнодорожного транспорта.

## ВЫВОДЫ

Разработаны алгоритм выбора оптимальной транспортно-технологической схемы доставки малотоннажного СПГ и эксплуатационно-экономические модели расчёта удельной стоимости перевозки, хранения и перевалки СПГ.

В рамках реализации ведомственного проекта Минпромторга России «Развитие газотопливного флота для навигации в прибрежных водах и на внутренних водных путях» проведена апробация моделей на расчётных маршрутах. Это позволило оценить стоимость транспортировки СПГ по вариантам транспортно-технологических схем для наливного и контейнерного способов доставки и сформулировать частные выводы в отношении оптимальности различных схем по критериям времени и стоимости.

Предложенная методология является в большой мере универсальной и позволяет использовать предложенные подходы для разработки ТТС применительно к другим странам.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сайт Федерального агентства морского и речного транспорта. [Электронный ресурс]: [http://www.morflot.ru/deyatelnost/napravleniya\\_deyatelnosti/portyi\\_rf/reestr\\_postavshikov\\_bunkernogo\\_topлива.html](http://www.morflot.ru/deyatelnost/napravleniya_deyatelnosti/portyi_rf/reestr_postavshikov_bunkernogo_topлива.html). Доступ 19.08.2019.
2. Сайт Российской ассоциации морских и речных бункеровщиков. [Электронный ресурс]: <http://www.mrbunker.ru>. Доступ 19.08.2019.
3. Официальный сайт ПАО «НОВАТЭК». Проект «Ямал-СПГ». [Электронный ресурс]: [http://www.novatek.ru/ru/business/yamal-Ing/yamal\\_infrastructure/](http://www.novatek.ru/ru/business/yamal-Ing/yamal_infrastructure/). Доступ 19.08.2019.
4. Neftegaz.ru. Проектирование Арктик СПГ-2 начинается. [Электронный ресурс]: <https://neftgaz.ru/news/partnership/204435-proektirovanie-arktik-spg-2-nachinaetsya-uchastie-v-proekte-primet-vniig-im-b-e-vedeneeva/>. Доступ 19.08.2019.

5. Сайт компании Vostock Capital. «Газпром» может начать строительство завода «Владивосток СПГ» в 2020 году. [Электронный ресурс]: <https://www.vostockcapital.com/spg/gazprom-mozhet-nachat-stroitelstvo-zavoda-vladivostok-spg-v-2020-godu/>. Доступ 19.08.2019.

6. Gasworld.ru. В районе Усть-Луги будет реализован крупный проект по переработке и сжижению газа. [Электронный ресурс]: <https://gasworld.ru/ru/news/russia/v-rayone-ust-lugi-budet-realizovan-kрупnyy-proekt-po-pererabotke-i-sgigeniyu-gaza/>. Доступ 19.08.2019.

7. Официальный сайт ПАО «НОВАТЭК». «Криогаз-Высоцк» начал серийные отгрузки СПГ. [Электронный ресурс]: [http://www.novatek.ru/ru/press/releases/index.php?id\\_4=3171](http://www.novatek.ru/ru/press/releases/index.php?id_4=3171). Доступ 19.08.2019.

8. Сайт технологического инжинирингового холдинга «Петон». Комплекс по производству, хранению и отгрузке сжиженного природного газа в районе КС «Портовая». [Электронный ресурс]: <http://www.peton.ru/project.php?p=412>. Доступ 19.08.2019.

9. ВРД 39-1.10-064-2002 Оборудование для сжиженного природного газа (СПГ). Общие технологические требования при эксплуатации систем хранения, транспортирования и газификации.

10. Сетевое издание «Нефтегазовое дело». [Электронный ресурс]: [http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/KrasnogorskayaNN/KrasnogorskayaNN\\_1.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/KrasnogorskayaNN/KrasnogorskayaNN_1.pdf). Доступ 19.08.2019.

11. Сетевое издание «Нефтегазовое дело». [Электронный ресурс]: [http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/KrasnogorskayaNN/KrasnogorskayaNN\\_2.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/authors/KrasnogorskayaNN/KrasnogorskayaNN_2.pdf). Доступ 19.08.2019.

12. Научно-технический сборник «Вести газовой науки». [Электронный ресурс]: <http://vesti-gas.ru/sites/default/files/attachments/vgn-ecology-2017-077-087.pdf>. Доступ 19.08.2019.

13. Брагинский О. Б. Нефтегазовый комплекс мира. — М.: Изд. «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2006. — 640 с.

14. Федорова Е. Б. Современное состояние и развитие мировой индустрии сжиженного природного газа: технологии и оборудование: Монография. — М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2011. — 159 с.

15. Пронин Е. Н. Использование сжиженного природного газа на водном транспорте. — СПб., 2016. — 44 с. [Электронный ресурс]: [http://gazpronin.ru/LNG\\_Bunkering\\_Rview\\_2016.05.04.pdf](http://gazpronin.ru/LNG_Bunkering_Rview_2016.05.04.pdf). Доступ 19.08.2019.

16. Возможности и перспективы развития малотоннажного СПГ в России. Московская школа управления Сколково, 2018. — 187 с. [Электронный ресурс]: [https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO\\_EneC\\_2018.07.23.pdf](https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_2018.07.23.pdf). Доступ 19.08.2019.

17. Мацкевич В. А., Романов Р. Ю., Луцкевич А. М., Таровик О. В., Дехтярук Ю. Д., Кораблева М. С. Перспективы транспортировки сжиженного нефтяного газа судами смешанного «река—море» плавания // Судостроение. — 2011. — № 6. — С. 13—17.

18. Международный кодекс постройки и оборудования судов, перевозящих сжиженные газы наливом. International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk (IGC Code). — СПб.: ЦНИИМФ, 2016. — 474 с.

19. Онлайн-сервис «Расчёт провозной платы за пользование инфраструктурой ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: <http://rpp.rzd.ru/Rzd>. Доступ 19.08.2019.

